



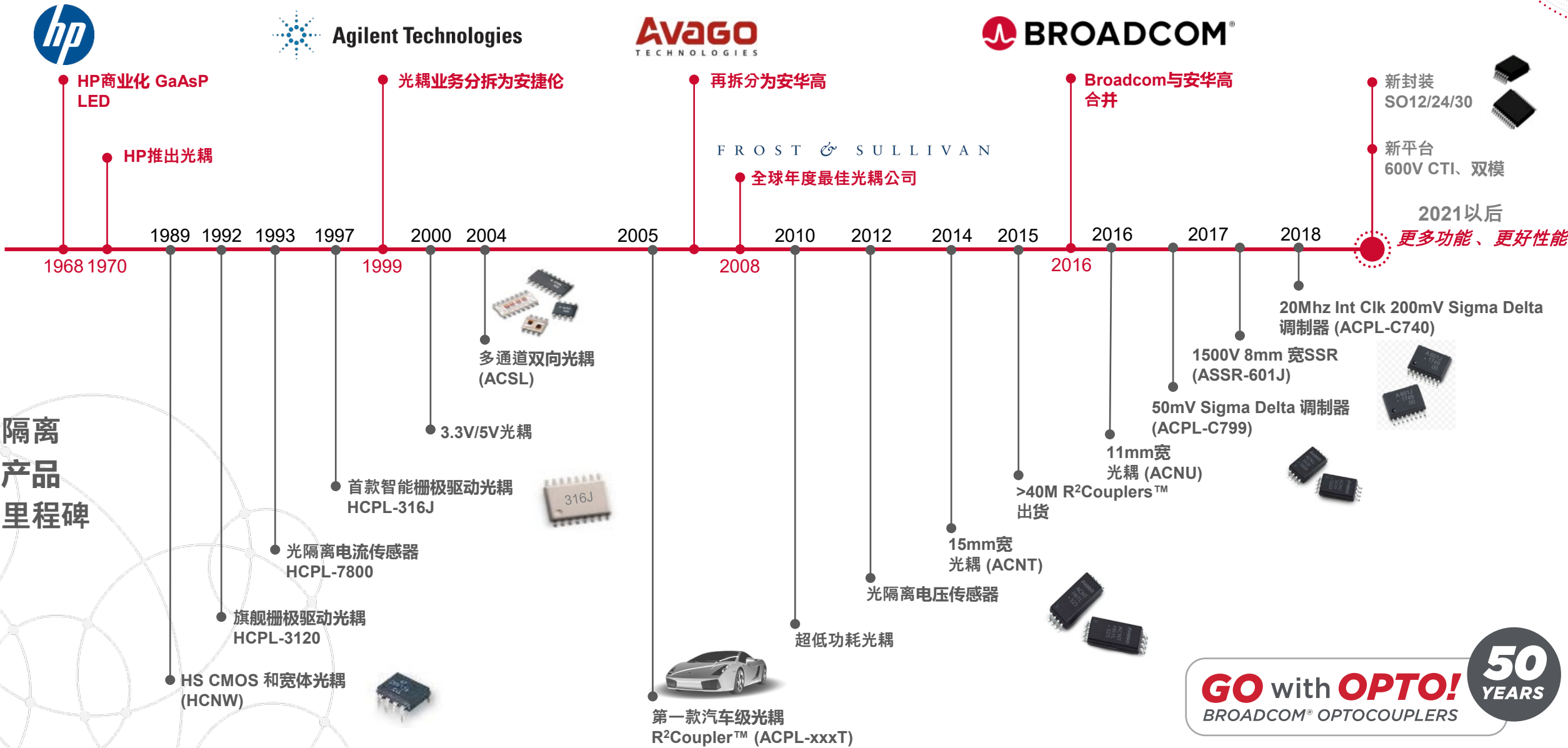
适用于绿色制氢电解槽功率转换系统 的光耦隔离驱动器

陈红雷

2024.07.23

- 博通光耦（光电耦合器）：50年功力
- 绿色氢能是可持续能源未来的关键角色
- SiC和GaN功率开关
- 用于SiC/GaN应用的博通栅极驱动器
- 栅极驱动产品树
 - 基本栅极驱动产品树
 - 智能栅极驱动产品树
- 博通栅极驱动器参考设计
 - ACFL-3161 SiC 评估板
 - ACFJ-3262 GaN评估板
 - ACPL-355JC SiC 模块驱动器板
- NPI – 10A单通道和双通道栅极驱动器（ACFL-3161和ACFJ-3262）
- NPI – 双通道栅极驱动器，带死区控制和米勒钳位（ACFJ-332B）

Broadcom 光耦里程碑：50 年制造功力



隔离
产品
里程碑

GO with OPTO!
BROADCOM® OPTOCOUPERS

50 YEARS

Broadcom 光耦概述

产品系列

数字光耦 信号隔离

- 数字光耦
(高达50MBd)
- 数字隔离器 (高达100MBd)
- 模拟光耦&特殊功能

栅极驱动器 功率器件栅极驱动

- IPM接口
- IGBT/MOSFET栅极驱动器
- 智能栅极驱动器
- 基本栅极驱动器

隔离放大器 电流/电压感测

- 隔离的ADC
- 模拟输出隔离放大器

细分市场

工业

IEC/EN/DIN EN 60747-5-5
UL 1577
CSA

汽车

AEC-Q100认证

密封光耦

军规MIL-PRF-38534 认证

满足各种工业应用需求的栅极驱动光耦



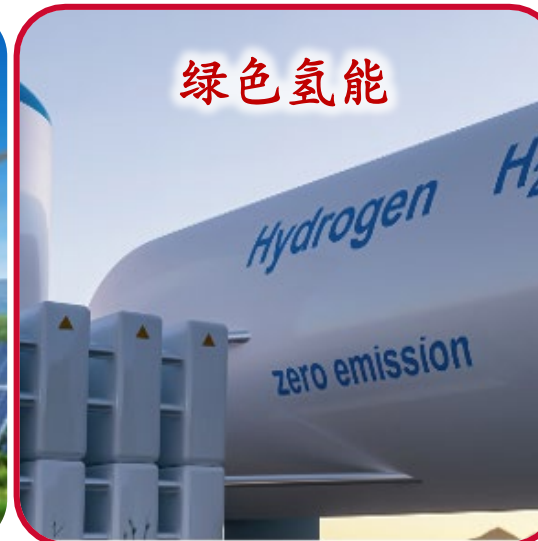
工业机器人



电动汽车充电设施



可再生能源与存储



绿色氢能



工厂自动化



数据中心/电源/UPS



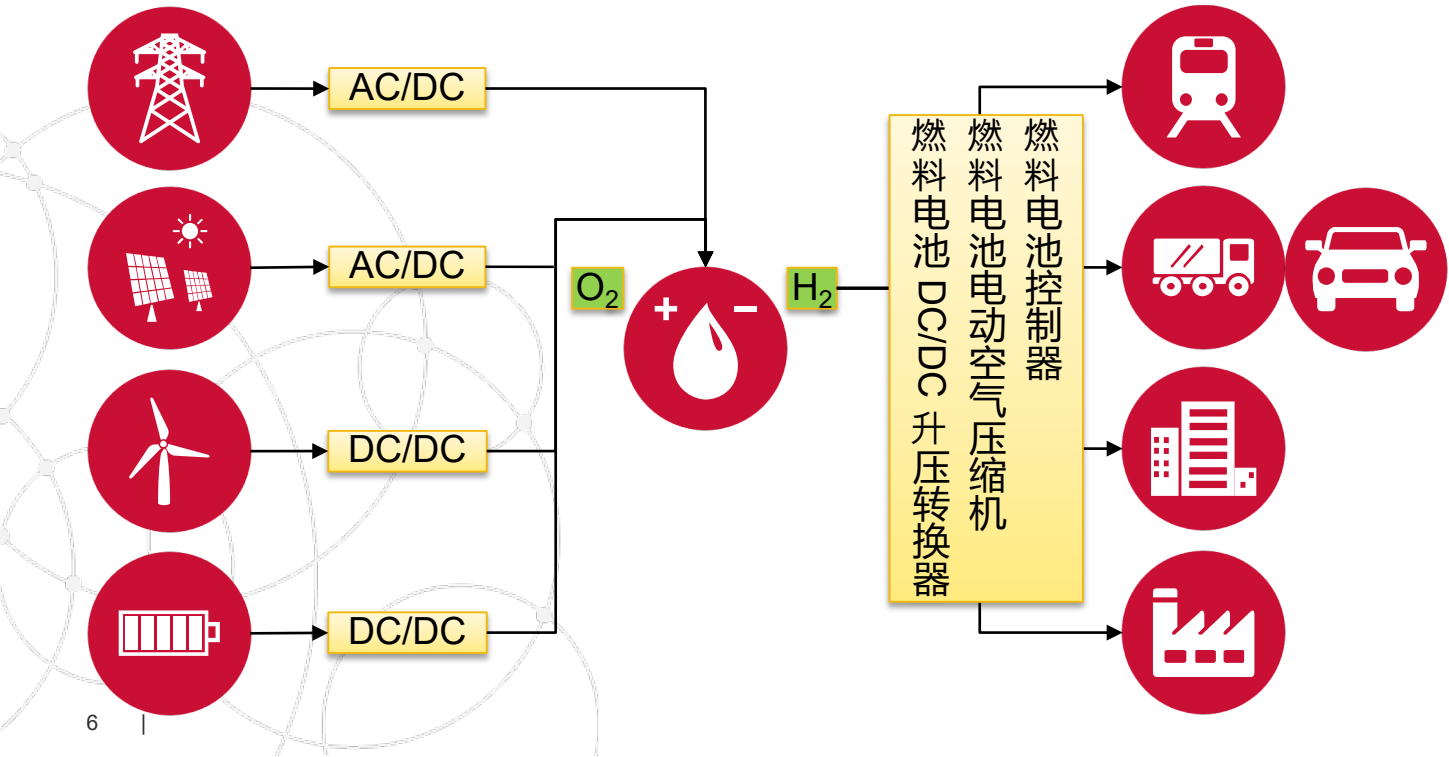
电机驱动



医疗

绿色氢能——可持续能源未来的关键角色

氢颜色代码	Grey 灰色	Blue 蓝色	Turquoise* 绿松石	Green 绿色
制程	水蒸汽重整或气化	水蒸汽重整或气化+碳捕捉 (85-95%)	热解	电解
原材料	甲烷或煤	甲烷或煤	甲烷	可再生电力+水



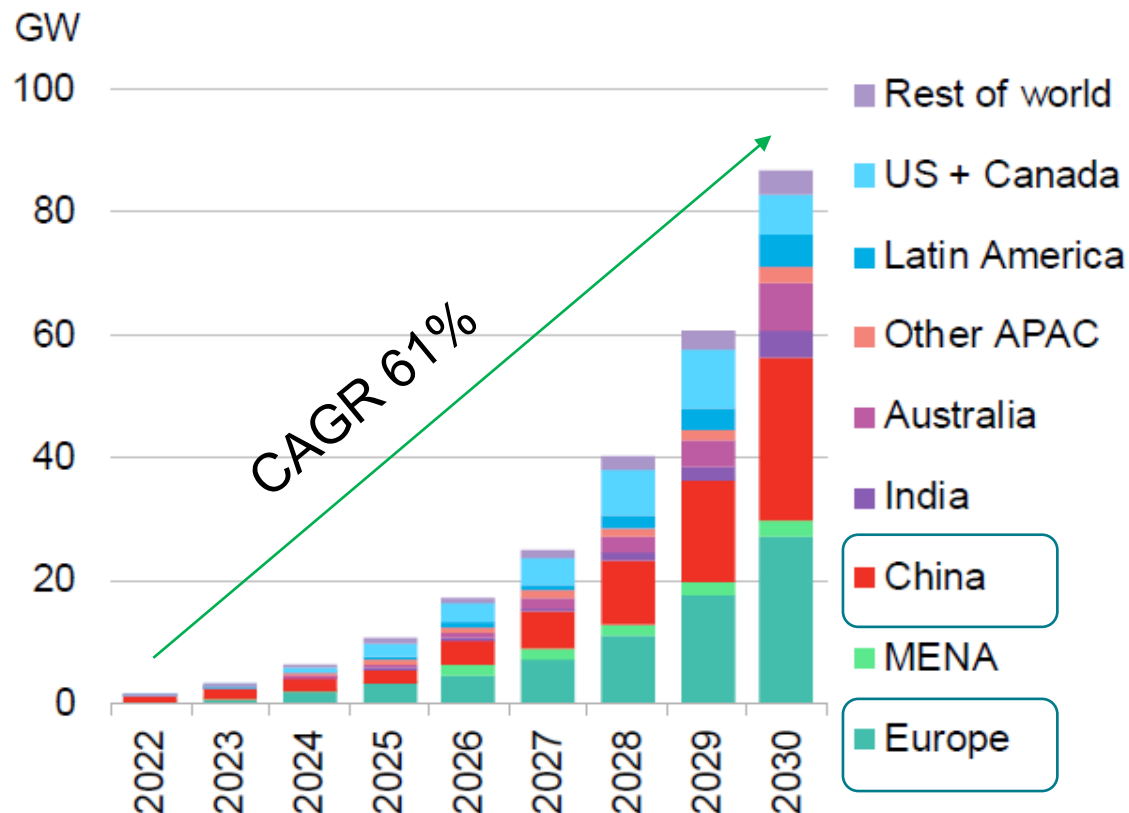
- H₂生产：根据不同的工艺和来源，可生成不同颜色的H₂。
- 今天95%的氢气是由化石燃料作为原材料生产的。
- 人们在逐渐达成共识：绿色氢能将在世界向可持续能源未来过渡的过程中发挥关键作用。
- 电解：是利用电将技术将水分解成氢气和氧气的过程。这种反应发生在一个称为电解槽的装置中。
- 整个氢动力系统都需要功率转换器。

* Turquoise（绿松石）氢气是一种新兴的脱碳选项。

 **BROADCOM**

全球各地区，电解槽需求都强劲增长

Annual electrolyzer forecast, global

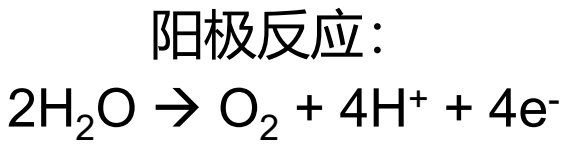
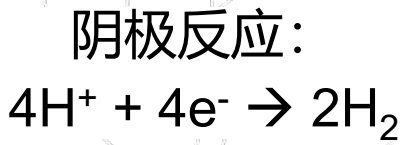
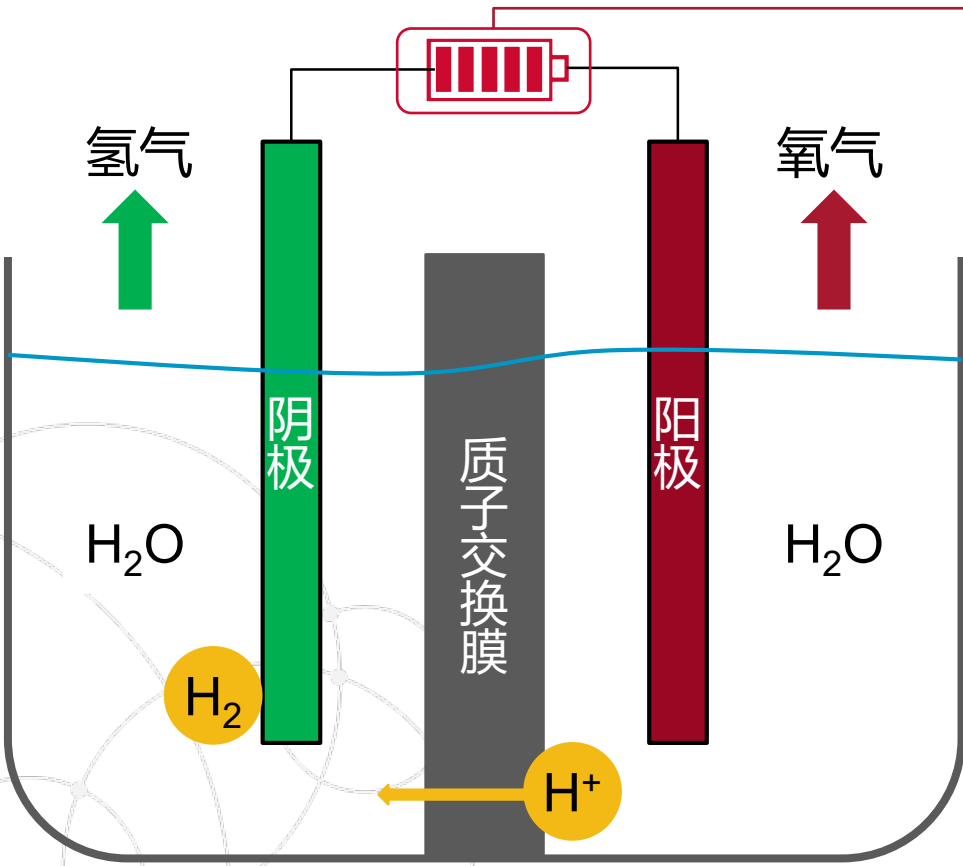


Source: BloombergNEF

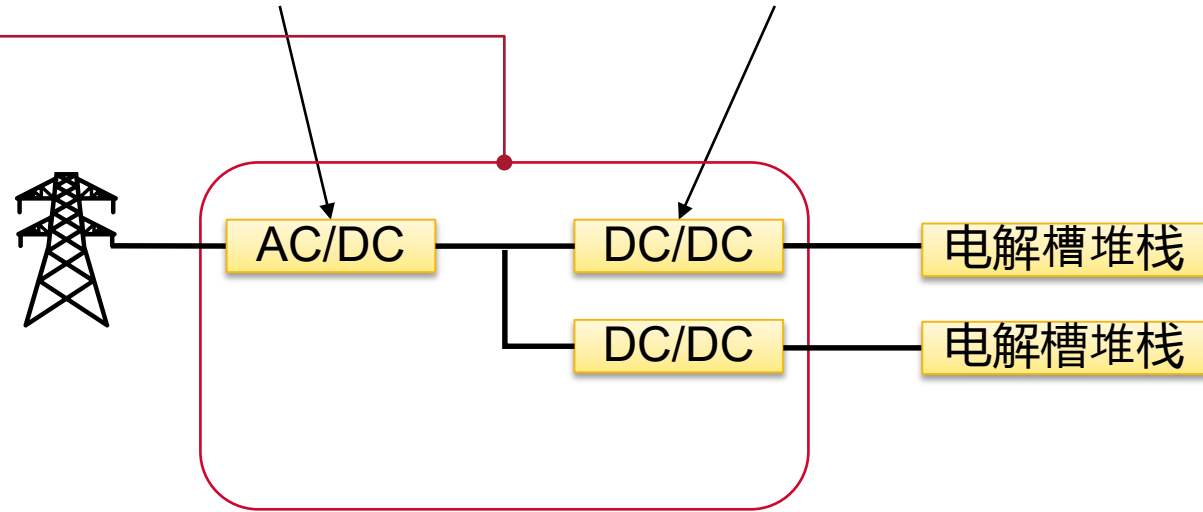
- **欧洲和中国**对绿色氢的需求最为强劲，这两个地区的政策（部分是必要的），正在创建投资机会；
- 但**美国**正在寻求迎头赶上，美国联邦政府提供了至少200亿美元的供应方激励措施。最大的优惠来自新的氢气生产税收抵免政策，每生产一公斤氢气可提供高达3美元的税收抵免。这使得低碳氢在美国许多地区立即与化石燃料相竞争。到2029年底，这些税收优惠政策可能使美国生产出世界最便宜的低碳氢，远低于美国能源部设定的每公斤1美元的基准目标。

电解槽 (电能→ 氢气) -专注于功率转换器

电解槽需要定制电源才能运行

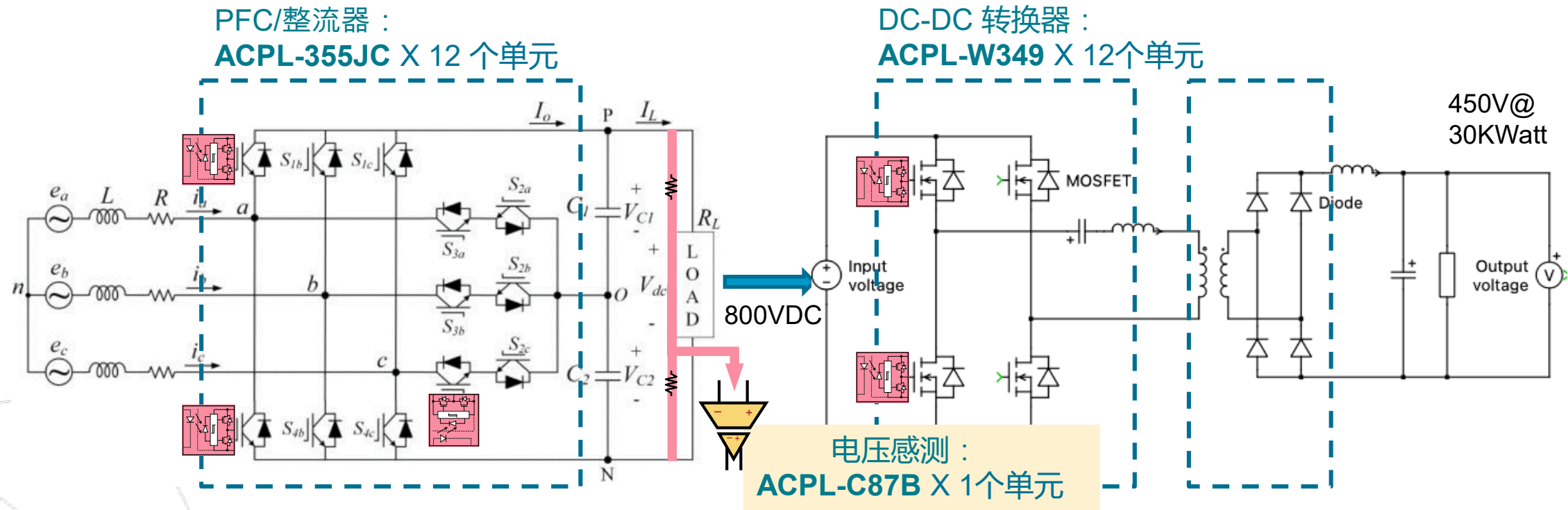


带直流输出的中央整流器+逐堆栈DC-DC转换器



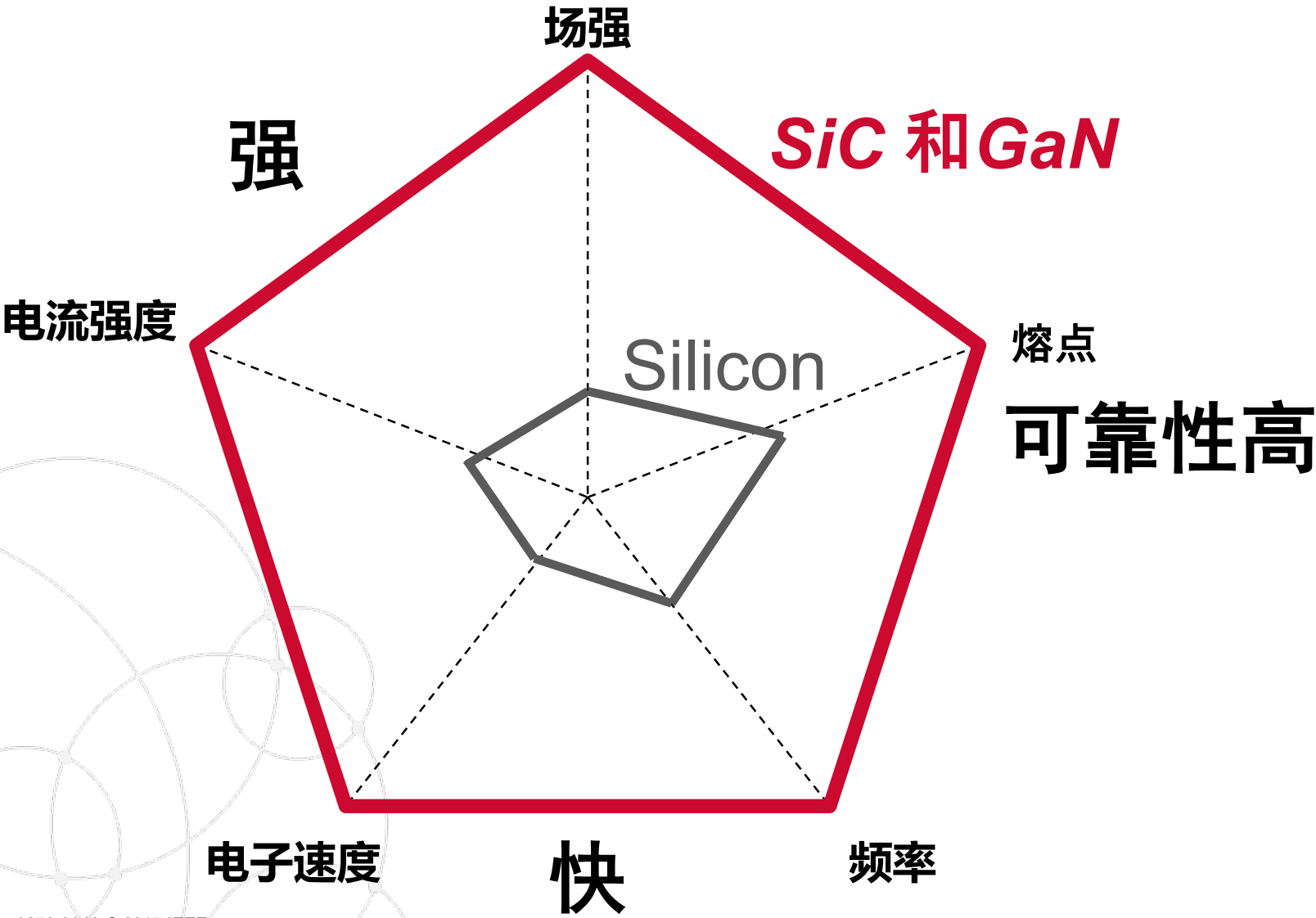
- 电解槽电源转换器要求：
- 恒定直流负载，大电流；
 - 电解槽堆栈电压需要随使用时间延长而增加；
 - 直流电压趋势 **1500V_{DC}**。

带直流输出的中央整流器+逐堆栈DC-DC转换器的示例



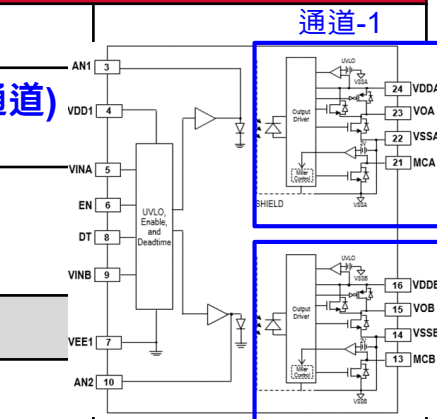
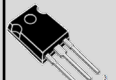
- 整个氢动力系统都需要功率转换器。
- 适用于此应用的光耦包括：**SiC/IGBT/功率 MOSFET 栅极驱动器;电压传感器**；适用于1500VDC 系统的ACNT系列

SiC和GaN功率开关——特性和优点



- 采用 SiC/GaN 的电源转换器好处:
- ✓ 更紧凑小巧
 - ✓ 能源转换效率高
 - ✓ 总体成本效益高

用于SiC/GaN的博通栅极驱动器

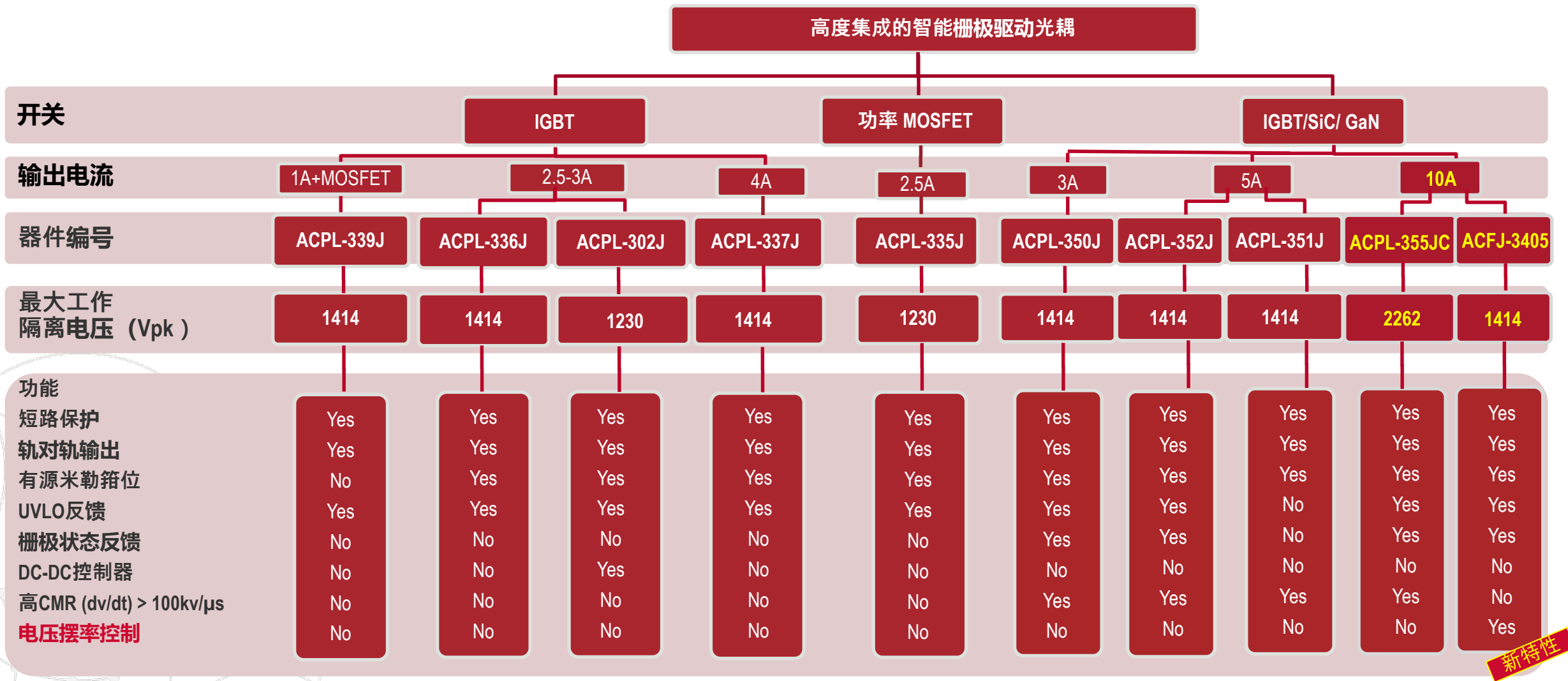
栅极驱动器		第一代< 5A (2018年)		第二代 10A (2022)		第三代, 高速 (2023)
		基本	智能	基本	智能	基本
		ACPL-P/W346 ACPL-P/W349	ACPL-352J	ACFL-3161 (1-CH) ACFJ-3262 (2-CH)	ACPL-355JC	ACFJ-332B (2-通道)
峰值输出电流	典型	~4A	~ 7A	10A	10A	4A (典型)
	最大	2.5A	5A	>6A	>7A	
传播延迟		120ns (最大)	150ns (最大)	95ns (最大)	150ns 最大)	65ns (最大)
上升/下降时间		8ns (典型)	37ns (典型)	7ns (典型)	37ns (典型)	10ns (典型)
CMTI		>100kV/μs	>100kV/μs	>100kV/μs	>100kV/μs	>150kV/μs
参考设计		https://www.broadcom.com/products/optocouplers/reference-designs				
		 半桥评估套件 第2代SiC KIT8020-CRD- 8FF1217P-1	 150V, 5A斩波器板 X-GaN™	 半桥评估套件 650V/60A GaN晶体管 GAN039-650NBB	 Dual1B/FM3 1200V SiC驱动器板 FF11MR12W1M1 FF23MR12W1M1 CAB011M12FM3 CAB016M12FM3	
		 半桥 评估板 GaN E-HEMT GS66516T-EVBDB2 GS66508T-EVBDB2	 三相SiC 栅极驱动器板	 1200V TO247 SiC MOSFET SCTWA70N120G2V4 C3M0021120K	 62mm 1200V/300A FF2MR12KM1 FF3MR12KM1 FF6MR12KM1 WAB300M12BM3 WAB400M12BM3	



扫描二维码, 查看
参考设计详细信息

<https://www.broadcom.com/products/optocouplers/reference-designs>

智能栅极驱动产品树



SiC功率MOSFET-半桥评估板



ACFL-3161

10A单通道
栅极驱动光耦

SCTWA70N120G2V4

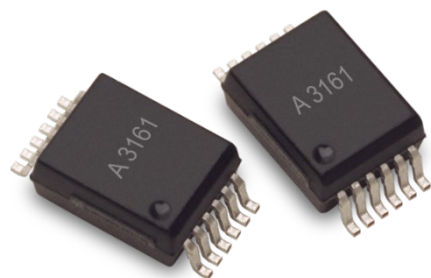
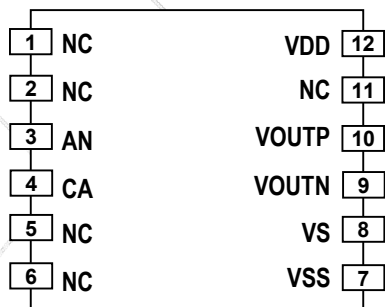
1200V, 90A, 21mΩ SiC MOSFET

SiC MOSFET 评估板

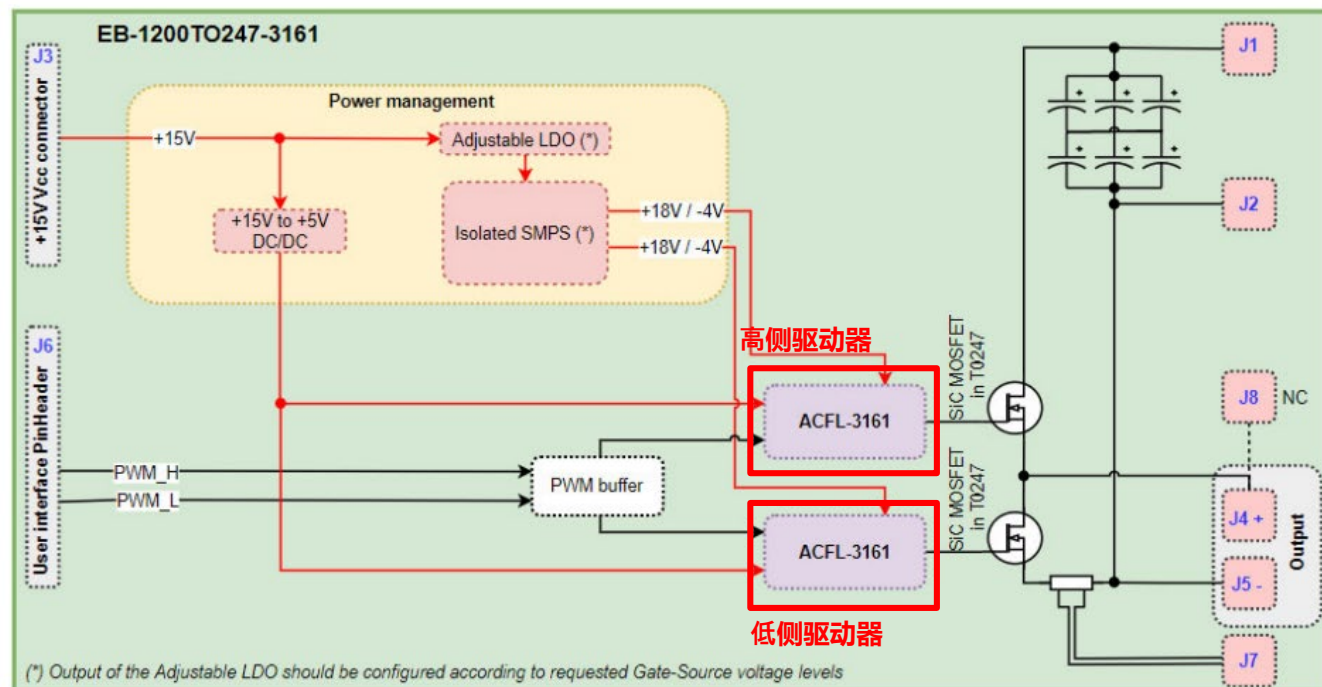
ACFL-3161基本栅极驱动器

特性

- **10A**峰值输出电流
- 小于**95ns**的传播延迟
- 抗扰度, $dv/dt > 100kV/\mu s$
- 安全认证
 - UL认证5000 VRMS@1分钟
 - CSA
 - IEC/EN/DIN EN 60747-5-5 $V_{IORM} = 1230 V_{PEAK}$

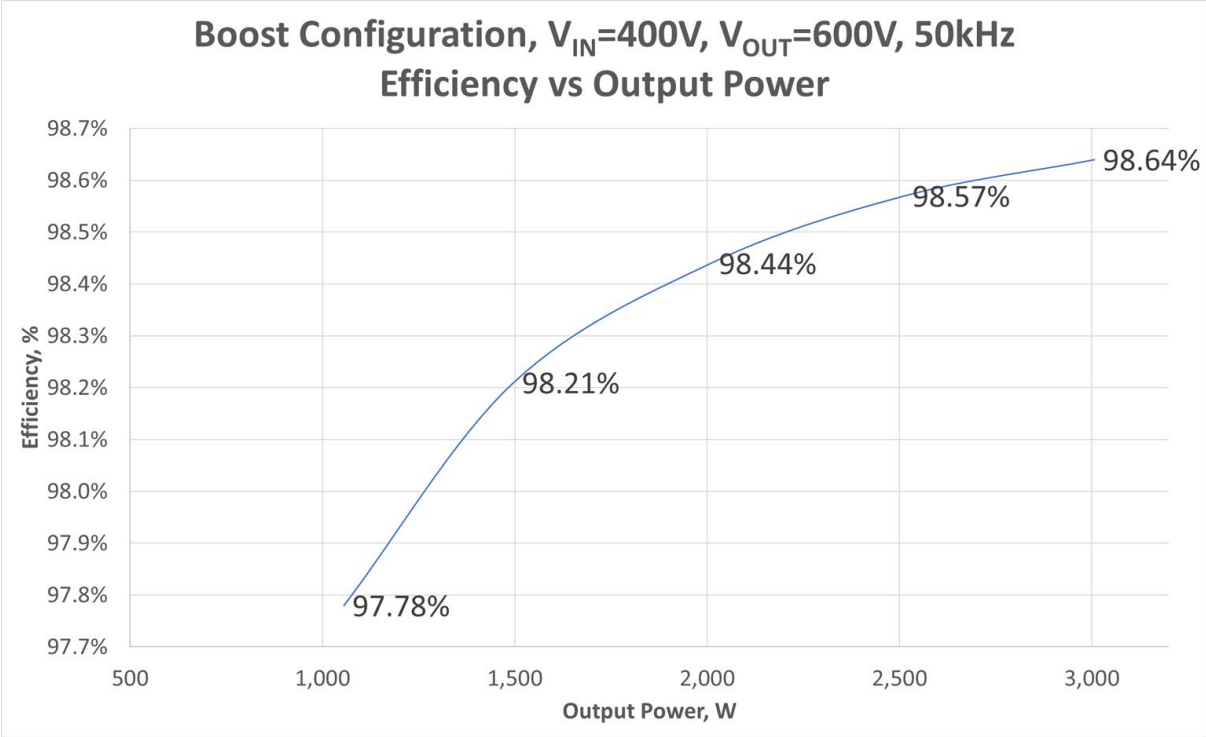
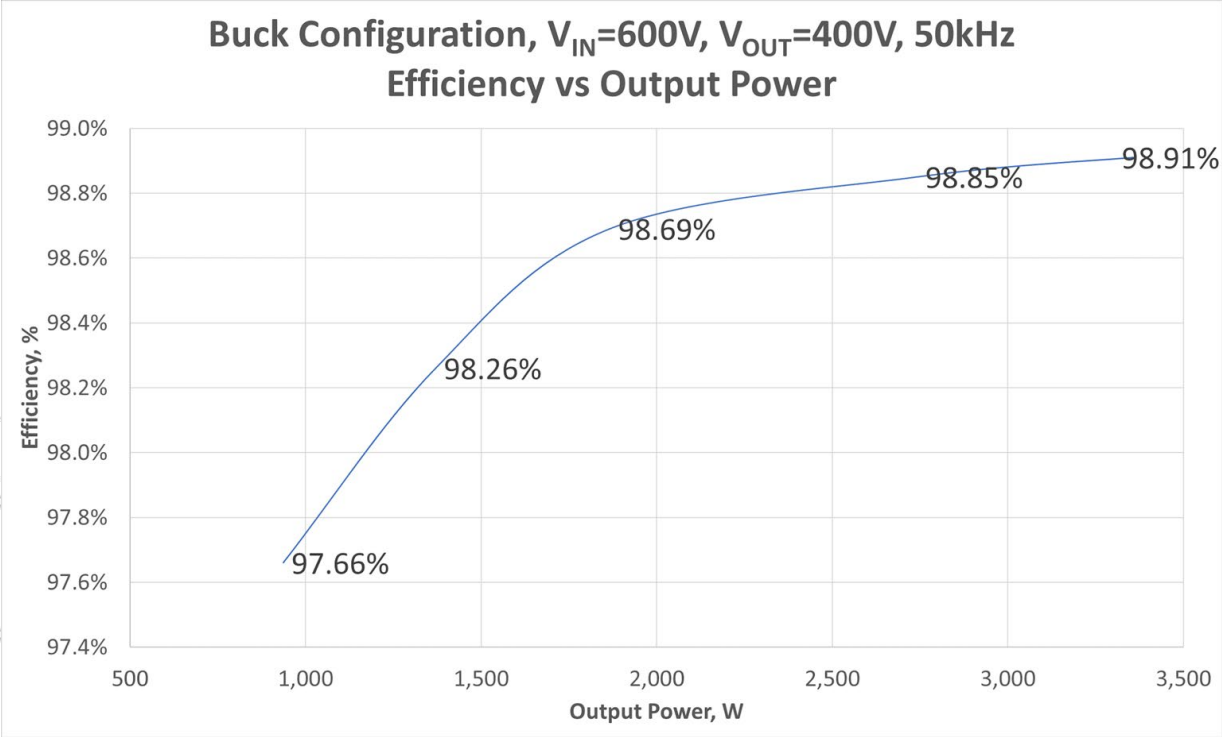


已量产发布!

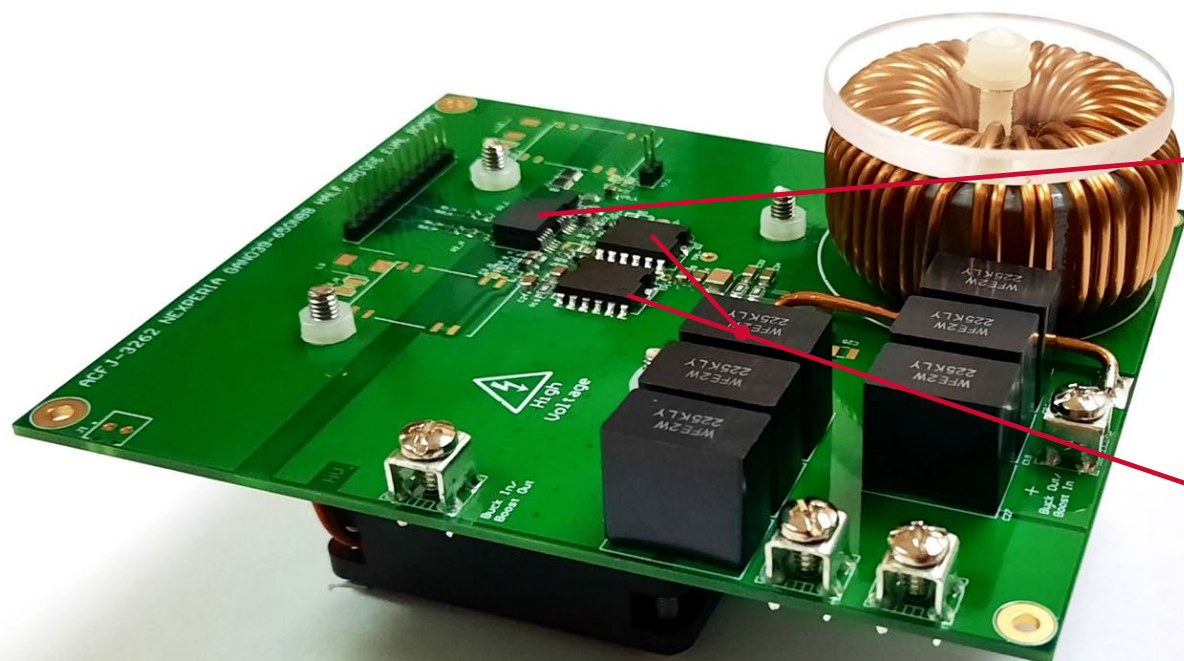


评估板功能框图

SiC MOSFET 评估板-效率性能



GaN FET-半桥评估板



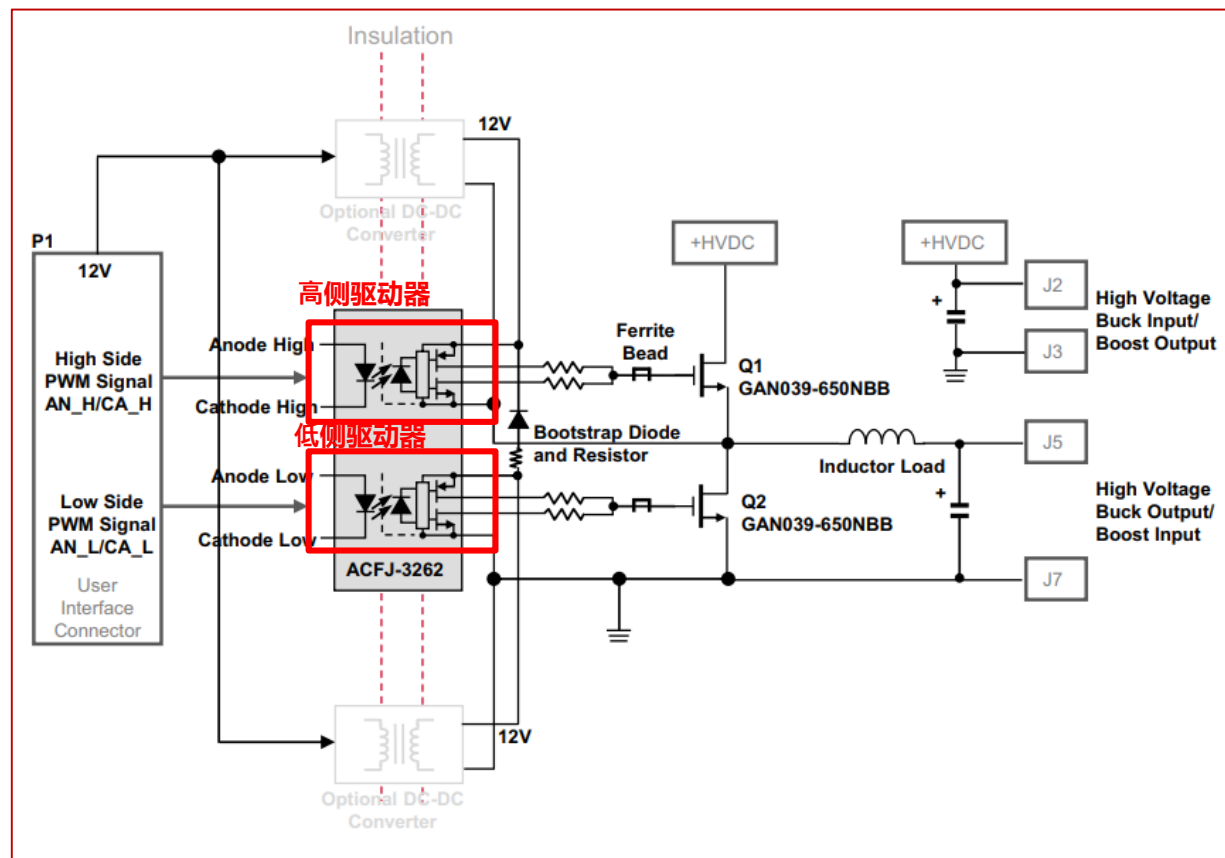
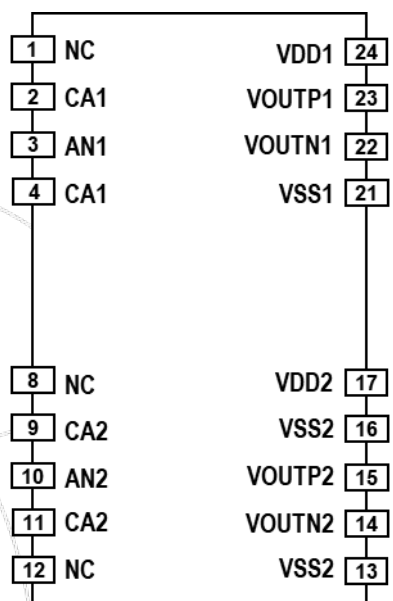
ACFJ-3262
10A双通道
栅极驱动光耦

GAN039-650NBB
650V 33m Ω GaN FET

GaN FET评估板-ACFJ-3262

特性

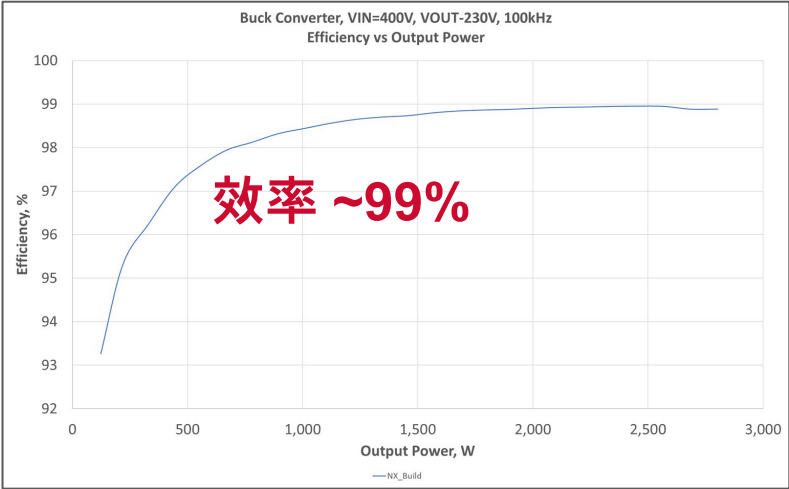
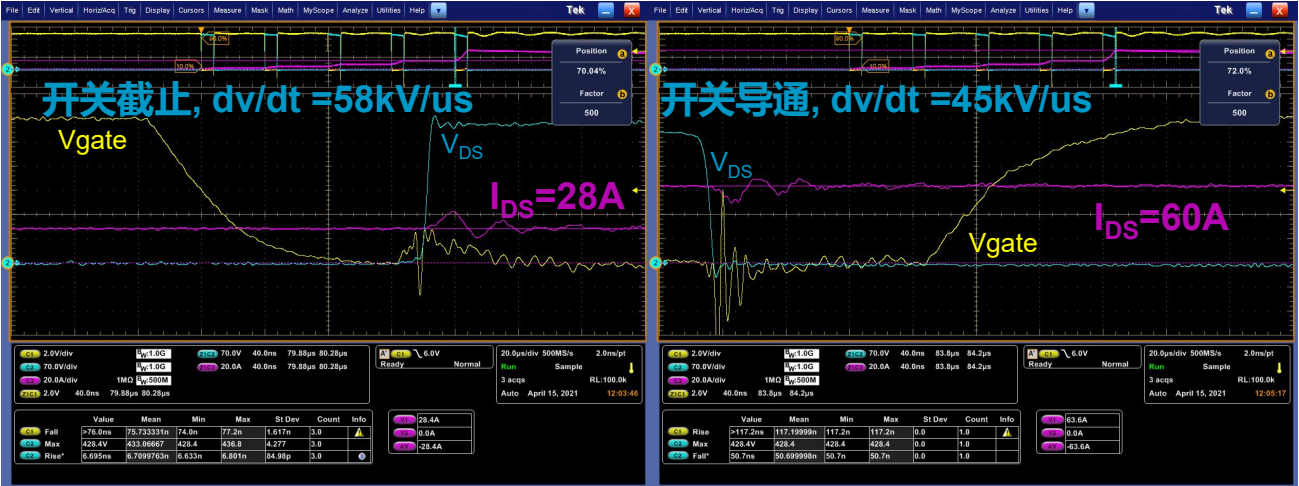
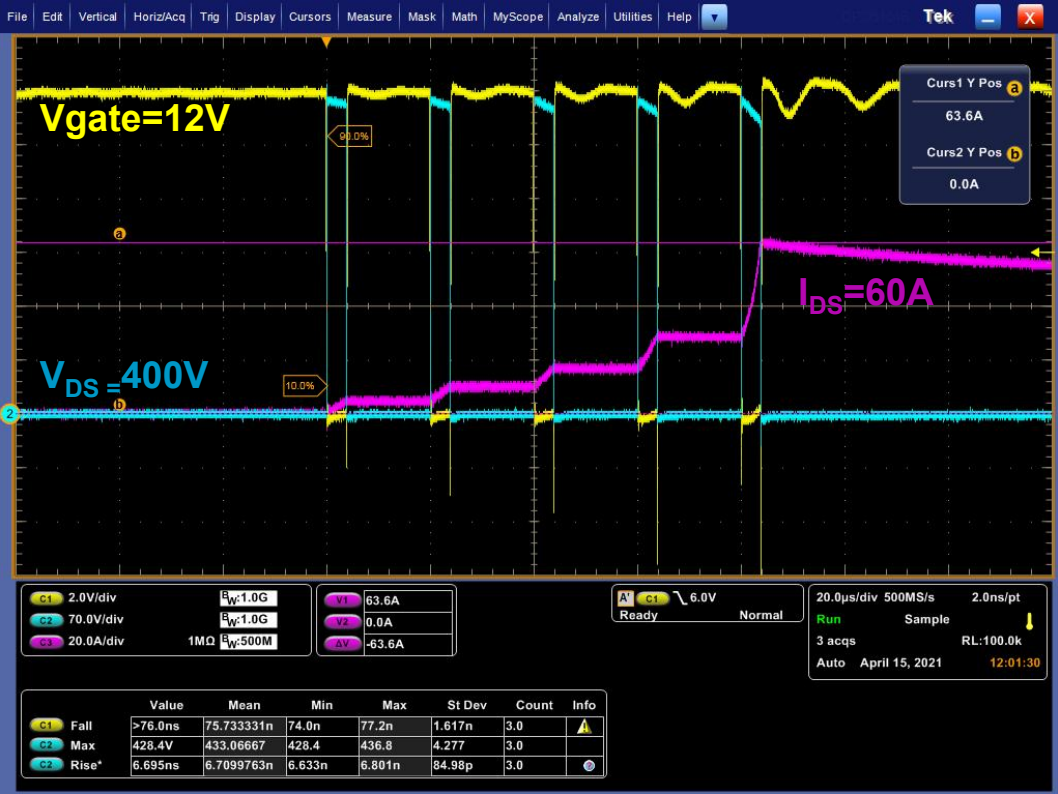
- **10A**峰值输出电流
- 8.6V UVLO, 适用于**10-25V**电源范围
- 小于**95ns**的传播延迟
- 抗扰度, $dv/dt > 100kV/\mu s$



评估板功能框图

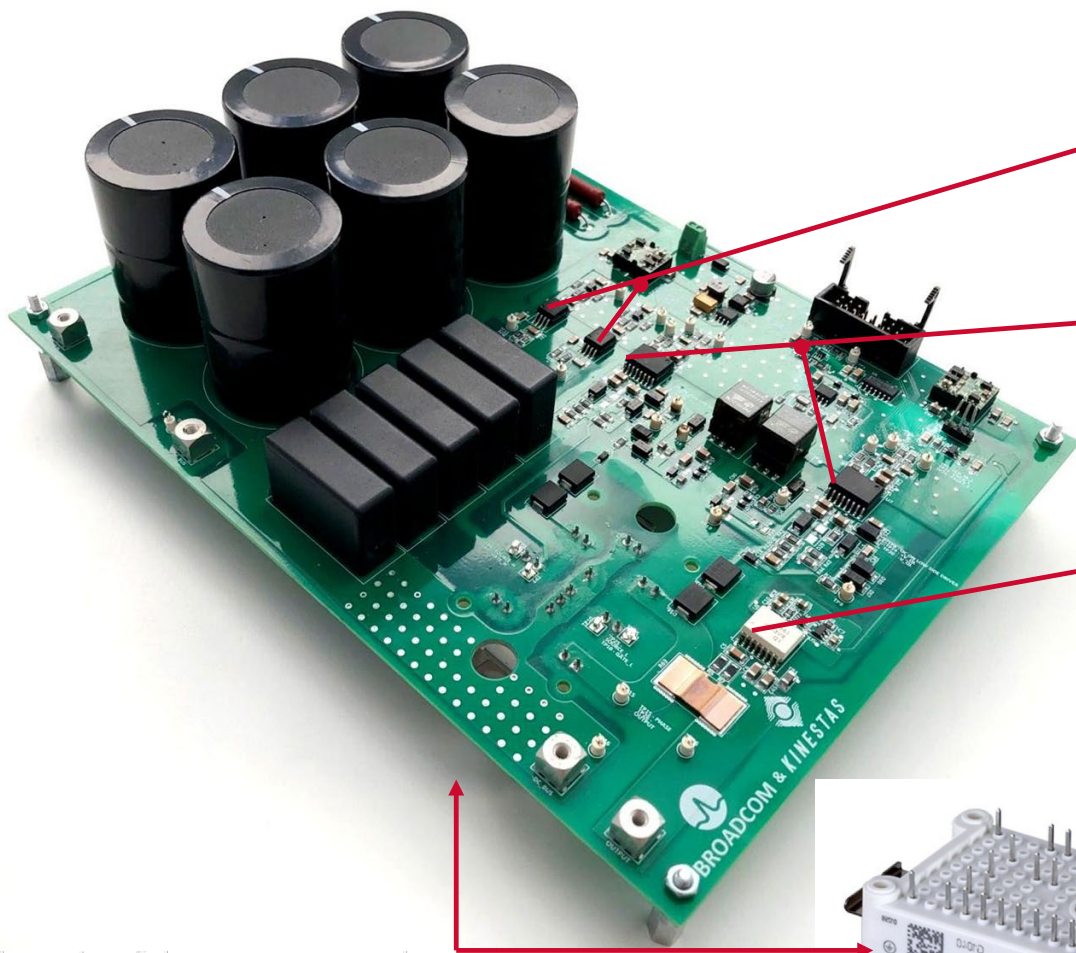
GaN FET评估板——开关性能

双脉冲测试



半桥SiC模块驱动板

ACPL-355JC : DUAL 1B SiC模块EB1200-355JC评估板



ACPL-C87B

用于IGBT热敏电阻感测和总线电压感测的隔离电压传感器

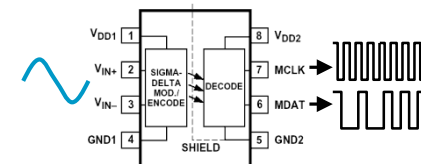
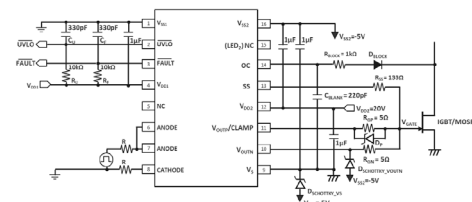
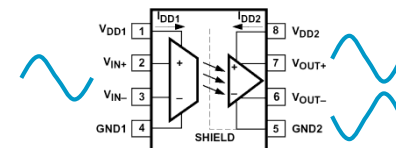
ACPL-355JC

10A带短路保护的栅极驱动光耦

ACPL-736J

用于电流感测的 $\pm 50\text{mV}$ 外部时钟隔离的Sigma-Delta调制器

FF23MR12W1M1_B11
FF11MR12W1M1_B11
1200V 50-100A SiC模块

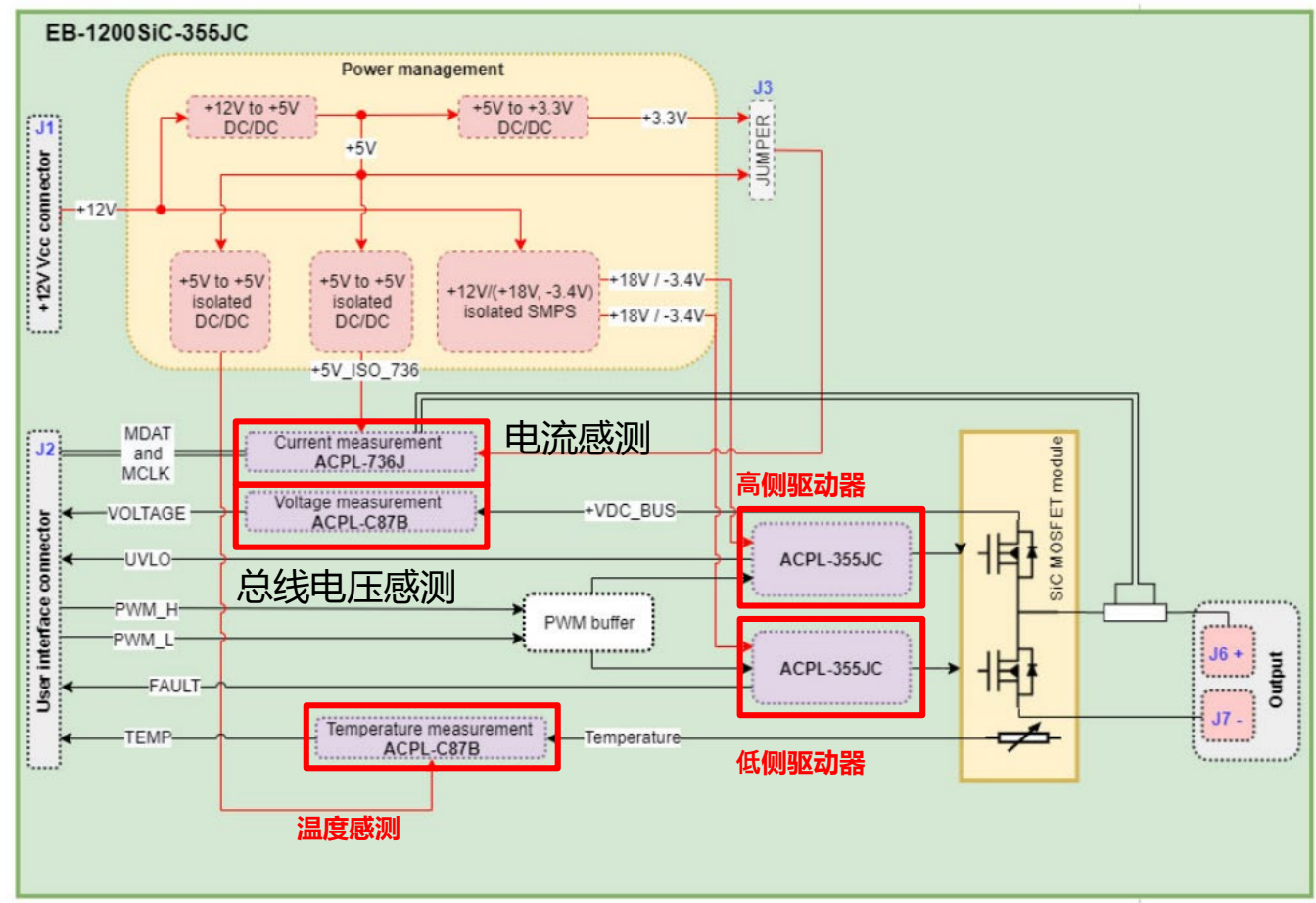
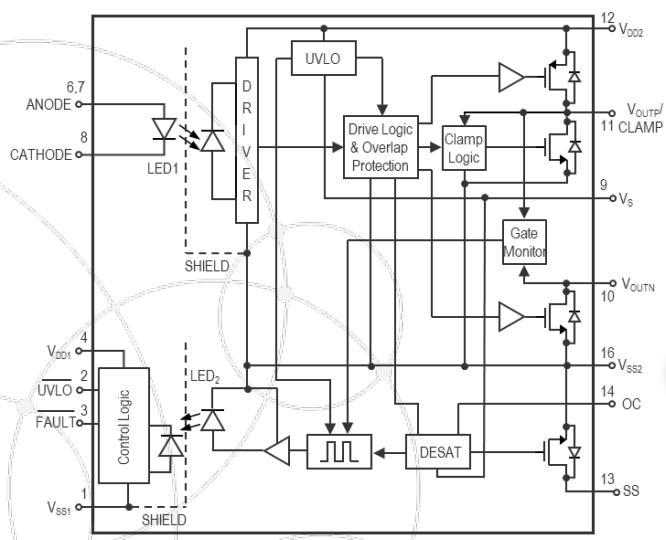


半桥SiC模块驱动板

ACPL-355JC : DUAL 1B SiC 模块 EB1200-355JC 评估板

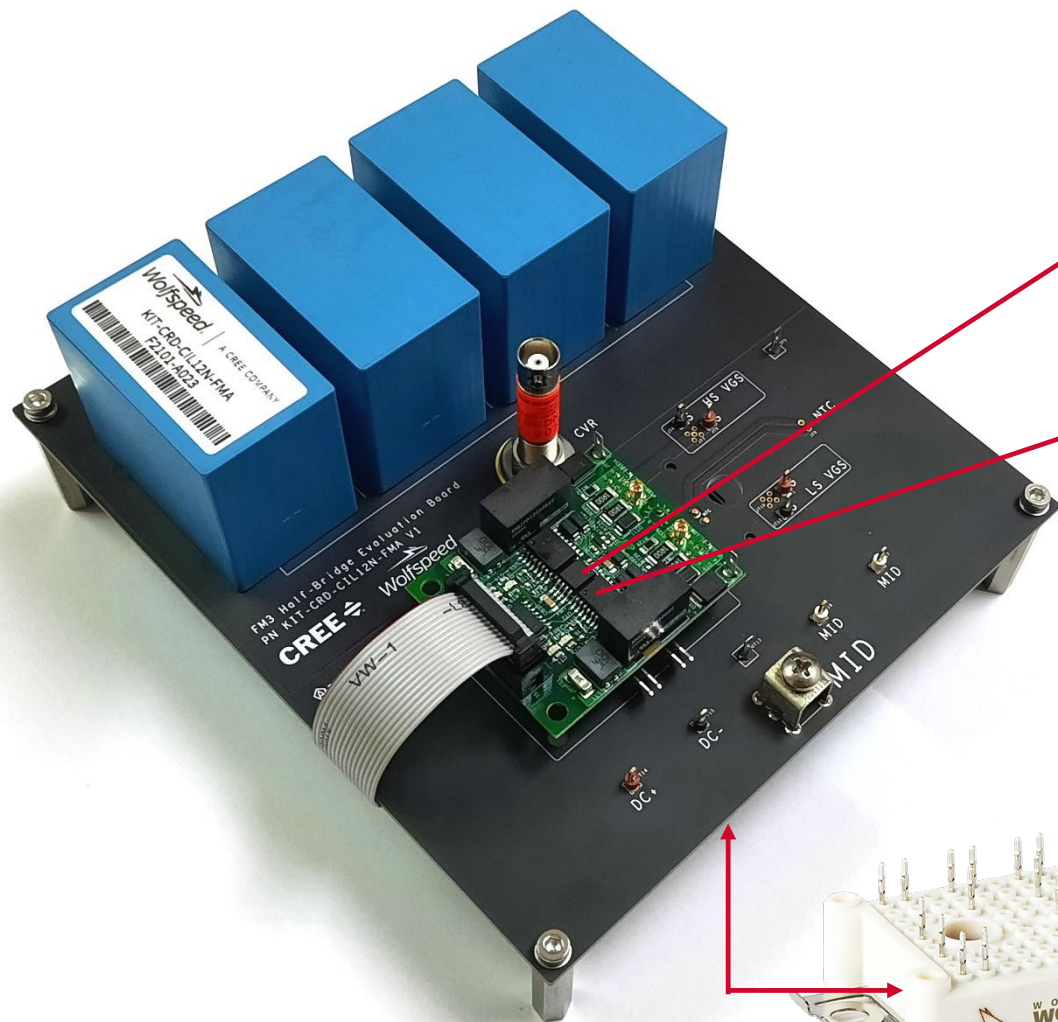
特性

- **10A 峰值输出电流**
- **$V_{IORM}=2262V_{PEAK}$ 工作电压**
- **CTI > 600V, Material Group I 封装**
- 带反馈的短路保护
- 抗扰性, $dv/dt > 100kV/\mu s$



功能框图

FM3半桥模块驱动板



ACPL-C87B

用于IGBT热敏电阻感测和总线电压感测的隔离电压传感器

ACPL-355JC

10A带短路保护的栅极驱动光耦



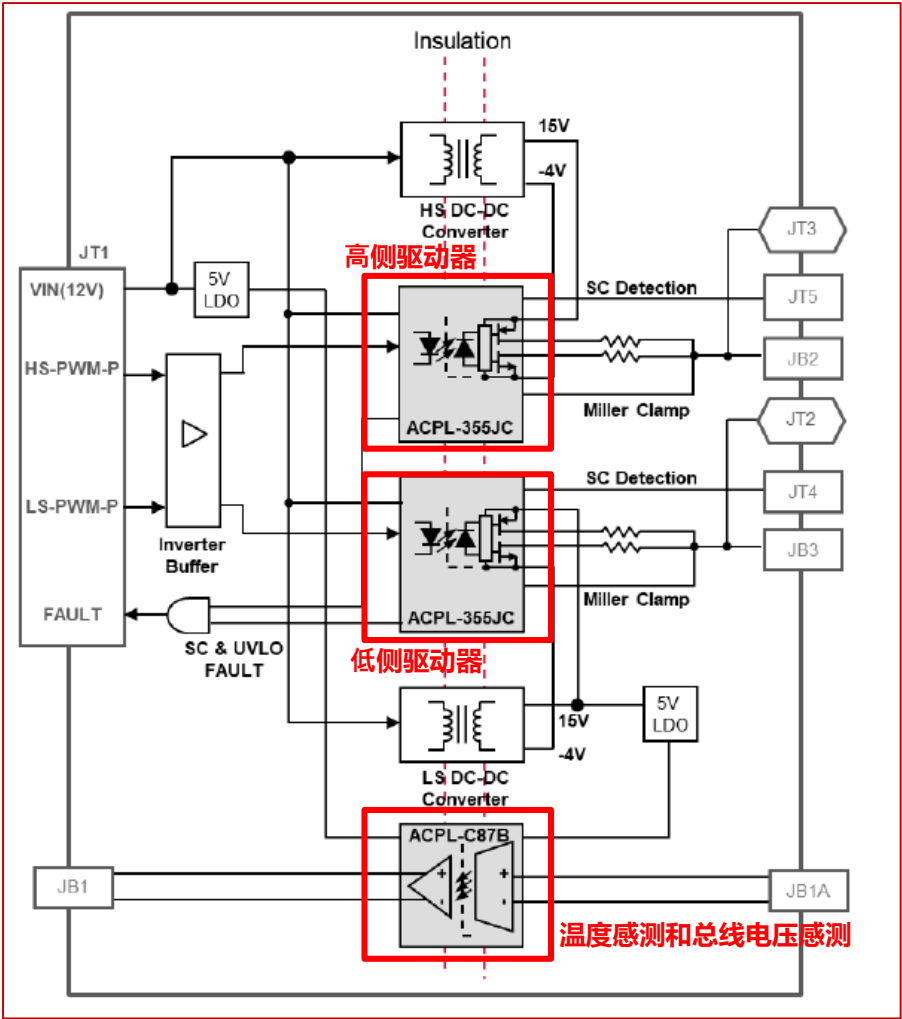
CAB011M12FM3 CAB016M12FM3
1200V 78-105A SiC 模块

动态特性评估工具，
KIT-CRD-CIL12N-FMA

FM3驱动器板-ACPL-355JC智能栅极驱动器

特性

- 10A峰值输出电流
- $V_{IORM} = 2,262V_{PEAK}$ 工作电压
- $CTI > 600V$, Material Group I 封装
- 带反馈的短路保护
- 抗扰性, $dv/dt > 100kV/\mu s$



FM3驱动器评估板功能框图

栅极驱动器参考设计

- <https://www.broadcom.com/products/optocouplers/reference-designs>
- SiC参考设计
 - **10A**智能型栅极驱动器 ACPL-355JC和基础型栅极驱动器 ACFL-3161/3262



ACPL-355JC
半桥1200V SiC模块



ACPL-355JC
FM3半桥1200V SiC模块



ACFL-3161
TO247 1200V SiC
分立式



ACFL-3161
TO247 CM3 1200V SiC
分立式



ACFJ-3262
CCPAK 650V GaN
分立式

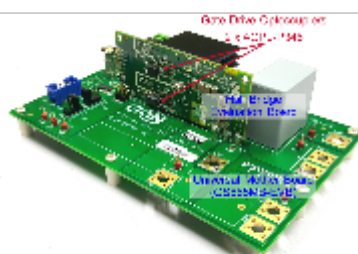


ACPL-355JC
62mm SiC
1200/300A-500A

- GaN参考设计



ACFJ-3262
CCPAK 650V GaN
分立式



ACPL-P346
GaN 系统 650V E-HEMT
GS66508T GaN 分立式



扫描二维码，查看
参考设计详细信息

<https://www.broadcom.com/products/optocouplers/reference-designs>

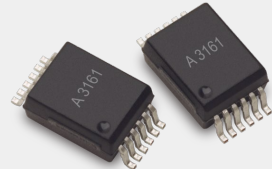
10A单和双通道栅极驱动器，驱动IGBT/SiC/GaN/功率MOSFET

ACFL-3161 – 10A IGBT/SiC 栅极驱动器（单通道）

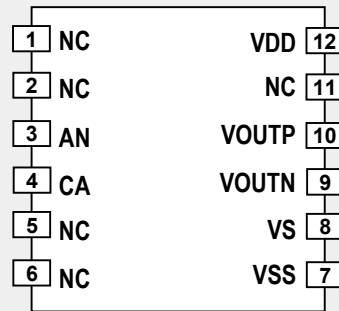
特性

- **10A_{pk} 典型**, 6A_{pk} 最小 轨对轨输出
- SO-12封装中的**单通道**
- R_{DS,OH} 1.3Ω 最大; R_{DS,OL} 1.2Ω 最大
- 分离的源和漏极输出
- **95ns. 最大, 传播延迟**
- 500kHz 工作频率
- **CMR >100 kV/μs 最小 @V_{CM}=1000V**
- 13.6V UVLO带迟滞
- 宽工作电压范围V_{DD}: 15 到 30V
- 工业级工作温度: **-40 °C 到 125°C**
- **CTI>600V**
- 安全认证
 - UL 认证 5000 V_{RMS} / 1min.
 - CSA
 - IEC/EN 60747-5-5 V_{IORM} = 1,230V_{pk}

已发布!



ACFL-3161

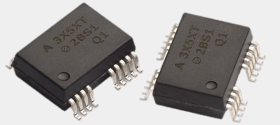


ACFJ-3262 – 10A GaN/功率MOSFET栅极驱动器（双通道）

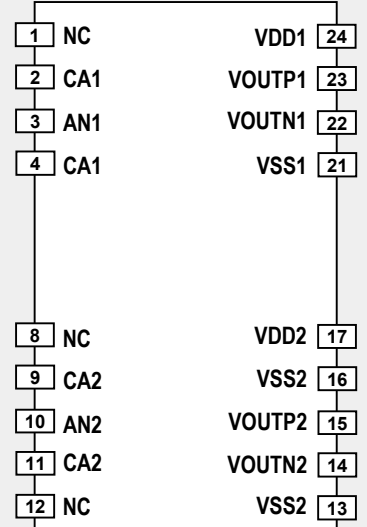
特性

- **10A_{pk} 典型**, 6A_{pk} 最小 轨对轨输出
- SO-24封装中的**双通道**
- >2.8mm通道间隔离
- R_{DS,OH} 1.3Ω 最大; R_{DS,OL} 1.2Ω 最大
- 分离的源和漏极输出
- **95ns, 最大, 传播延迟**
- 500kHz工作频率
- **CMR >100 kV/μs 最小 @V_{CM}=1000V**
- 8.6V UVLO带迟滞
- 宽工作电压范围V_{DD}: 15 到 25V
- 工业级工作温度: **-40 °C 到 125°C**
- **CTI>600V**
- 待批的安全认证
 - UL 认证 5000 V_{RMS} / 1min.
 - CSA
 - IEC/EN 60747-5-5 V_{IORM} = 1,230V_{pk}

已发布!



ACFJ-3262



SO-24封装的带死区控制和米勒箝位的MOSFET/IGBT双通道4A峰值栅极驱动光耦

- 工业温度范围: **-40 °C 到 125°C**
- 高输出驱动/吸收电流: 4A峰值(典型)
- **米勒钳位: 2A峰值(典型)**
- 轨对轨输出电压
- **死区时间控制**
- **传播延迟: 65ns (最大)**
- 死区时间失真: 26ns (最大)
- **通道间时钟偏差: 20ns (最大)**
- 宽工作电源范围(V_{DD}): 10 到 25 V
- 欠压锁定(**UVLO**) w/滞后: **8V**
- 高开关频率操作: 500kHz
- 共模瞬态抗扰度(**CMTI**): **150kV/μs 最小** @ $V_{CM} = 1500V$
- SO-24封装中的双通道, 爬电距离和间隙为8mm
- CTI >400V
- **两个输出驱动器之间的爬电间距: 3.5mm (最小)**
- 安全审批(待批):
 - UL1577 认证 5,000 V_{RMS} @1min
 - CSA
 - IEC/EN/DIN EN 60747-5-5 $V_{IORM} = 1414 V_{PEAK}$

- 可再生能源逆变器和存储
- 电动汽车充电器
- 工业自动化和机器人的电机驱动

2025 Q1

Figure 1 illustrates the pin connections for the SHIELD module. The diagram shows two rows of pins. The top row includes AN1 (3), VDD1 (4), VINA (5), EN (6), DT (8), VINB (9), VEE1 (7), and AN2 (10). The bottom row includes VDDA (24), VOA (23), VSSA (22), MCA (21), VDDb (16), VOb (15), VSSB (14), and MCB (13). A central block labeled 'UVLO, Enable, and Deadtime' is connected to pins 3, 4, 5, 6, 8, 9, and 10. Two 'Output Driver' blocks are shown, each with a 'Miller Control' section. The top driver is connected to pins 24, 23, 22, and 21, and the bottom driver is connected to pins 16, 15, 14, and 13. Both drivers are connected to a 'SHIELD' block.



BROADCOM[®]

connecting everything[®]